

SOLUȚIE CONSTRUCTIVĂ PENTRU TĂIEREA POLISTIRENULUI

CONSTRUCTIVE SOLUTION FOR POLYSTYRENE CUTTING

LAZĂR¹ M. Marius¹ BULGARIU² G. Gabriel Florin² și DARIE³ D. David-Hariton³
¹Facultatea:IMST, Specializarea:IPFP, IAAC, IEMA Anul de studii:II,
e-mail: :lazarmarius182@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Tom SAVU**

ABSTRACT: This paper presents the objectives of the dissertation, what was realized by now. The concepts are evaluated and one of them is selected. In the detailed design, it begins the calculation in terms of functionality (required motor power, current intensity required to heat the wire to a set temperature, forces inside the wire, speed calculation).The methodology for establishing the processing parameters (feed rate, temperature) is presented.

CUVINTE CHEIE: lungimea firului variabilă, geometrii complexe.

1. Introducere

Se prezintă o soluție inovativă de echipament pentru tăierea polistirenului. Polistirenul este un material polimeric, slab transparent, amorf sau cristalin, termic prelucrabil. Polistirenul este unul din cele mai răspândite tipuri de masă plastică, cu un consum mondial (semnificativ) de miliarde de kilograme pe an [1]. Echipamentul prezintă următoarele avantaje: poate realiza forme complexe, deoarece dispozitivul este gândit a se atașa unui braț robotic, având mai multe grade de libertate (în funcție de brațul pe care se va atașa); lungimea activă a firului este variabilă, poate avea astfel acces în zone mai înguste ale pieselor de prelucrat, mărind astfel gama de repere realizabile; firul nu este static, acesta rulează continuu, astfel uzura este distribuită uniform pe toată lungimea acestuia, crescând durata de viață a firului. În cadrul acestei lucrări sunt dezvoltate ultimele două aspecte.

2. Stadiul actual al realizării disertației

Până în acest moment au fost realizate: marketingul strategic al produsului, realizarea conceptului general de funcționare și generarea conceptelor.

S-a realizat schema electrică generală a echipamentului.

3. Selectarea conceptului

Pentru a putea selecta un concept într-un mod cât mai corect și pentru a păstra un echilibru între costurile produsului și valoarea adăugată de acesta se vor parcurge următoarele etape:

- Trierea conceptelor;
- Evaluarea conceptelor.

Trierea conceptelor

În cadrul acestei etape, din cele zece concepte realizate de membrii echipei, se vor selecta trei dintre acestea pentru a fi ulterior evaluate. Pentru aceasta se va folosi metoda matricei decizionale. Matricea compară mai multe elemente pe baza unor criterii. Criteriile se aleg în funcție de caz. În cazul de față, ținând cont de natura conceptelor, se stabilesc următoarele criterii de selectare:

- Cr1- Simplitatea operării;
- Cr2- Ușurința folosirii;
- Cr3- Fiabilitatea;
- Cr4- Design și ergonomie;
- Cr5- Universalitatea;
- Cr6- Ușurința fabricării;
- Cr7- Cost.

Conceptul de referință se alege a fi conceptul 1, deoarece este cel mai simplu și cel mai ieftin. Conceptul de referință va avea la toate criteriile ”0”, iar celelalte concepte ”+”, ”-” sau ”0”, în funcție de situație. În continuare se realizează matricea decizională.

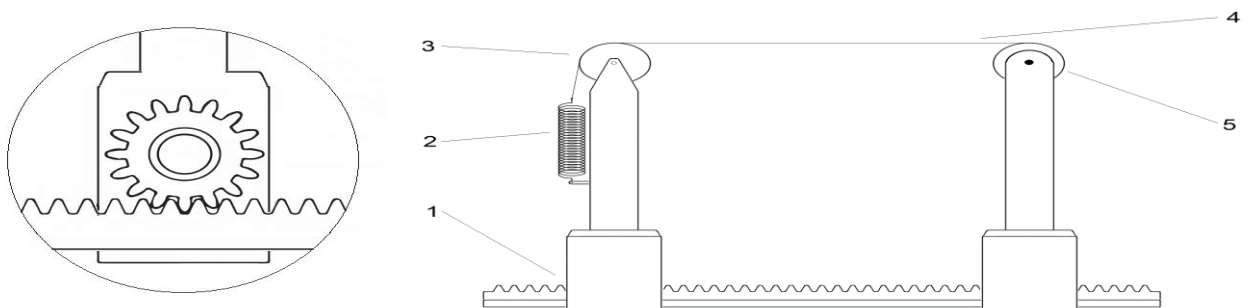
Tabel 3.1. Matricea decizională

Criteriu de selecție	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Cr1	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cr2	0	+	0	+	-	0	+	+	+	+
Cr3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Cr4	0	+	+	-	0	+	+	+	+	+
Cr5	0	+	+	+	+	+	+	0	0	+
Cr6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	0	1	0	-1	-2	0	1	0	0	2
Rang	3	2	3	4	5	3	2	3	3	1

Conceptele ce vor intra în etapa de evaluare sunt C10, C7 și C2.

O mare parte din conceptele prezentate în tabel au fost realizate în cadrul lucrărilor anterioare. În continuare se prezintă rezultatele din urma etapei de triere.

Concept 2 Capăt de tăiere cu sistem de reglare cu cremalieră

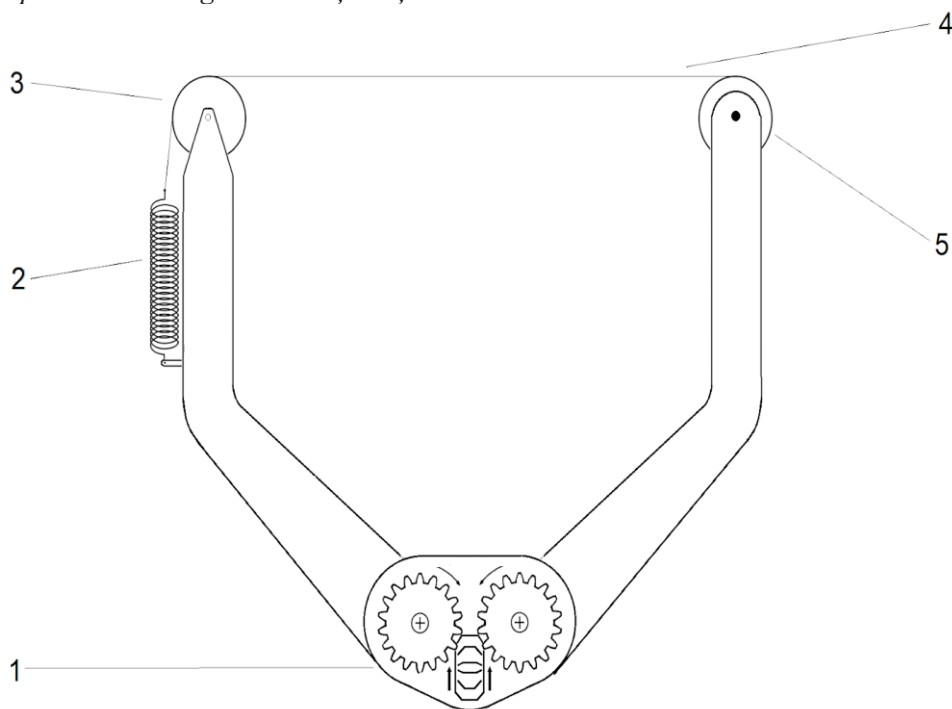


1. Cremaliera; 2. Arc tensionare fir; 3. Roata; 4. Fir; 5. Bobina fir;

Fig. 3.1. Capăt de tăiere cu sistem de reglare cu cremalieră

Pentru a putea tăia polistiren cu o precizie bună, firul trebuie să fie întins, pentru aceasta se prevede arcul de tensionare 2. În spatele brațelor de susținere se află motoare pas cu pas ce acționează roțile dințate, roți ce vor rula pe cremalieră astfel variind lungimea firului. În spatele bobinei cu rulează firul se află un motor ce realizează mișcarea de rotație a bobinei, astfel să ruleze sau să elibereze fir în funcție de sensul variației lungimii firului.

Concept 7 Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate



1. Sistem central de reglare dimensiuni; 2. Arc tensionare fir; 3. Roată; 4. Fir; 5. Bobină fir;

Fig. 3.2. Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate

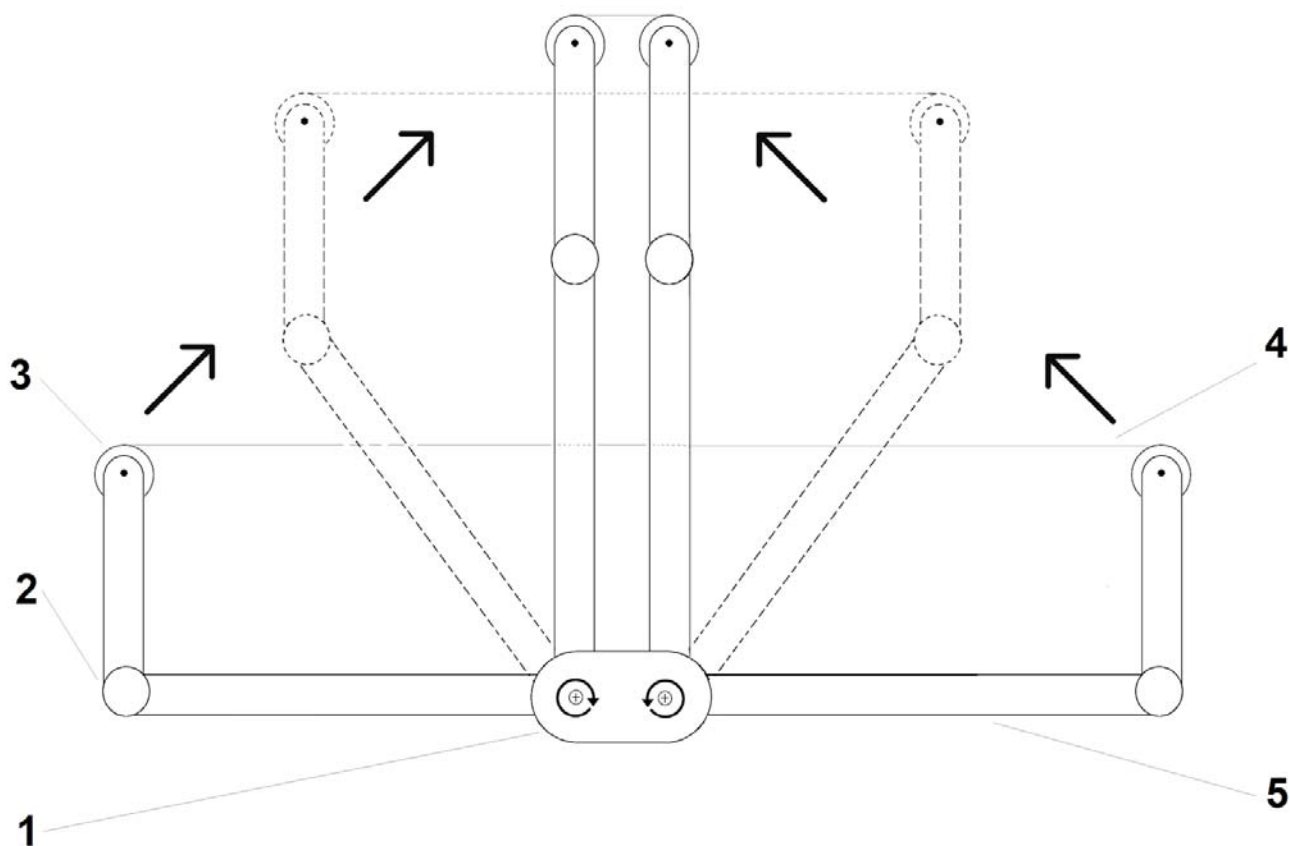
Avantaje:

- Dimensiunea zonei de tăiere la apropierea maximă a brațelor este mult mai mică decât la celelalte variante;
- Accesul ușor în zone de dimensiuni reduse și aproape de masa de lucru;
- Manevrabilitate crescută;
- Posibilitatea ajustării adâncimii de tăiere;
- Este nevoie de un singur motor pentru reglarea brațelor;

Dezavantaje:

- La depărtarea maximă a brațelor zona de tăiere este foarte aproape de trunchi, astfel adâncimea de tăiere este redusă;

Concept 10 Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate și curele de transmisie



1. Angranaj roți dințate; 2. Arc tensionare fir; 3. Roata; 4. Fir; 5. Bobina fir;

Fig. 3.2. Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate și curele de transmisie

La baza dispozitivului se prevede un angranaj cu roți dințate cilindrice drepte. Pe una dintre acestea este asamblată cu un motor pas cu pas. Brațele sunt fixate pe roți. În momentul rotației axului motorului, roțile angrenează, astfel realizându-se deplasarea brațelor lungi. Pe brațele lungi se află un angranaj cu roți dințate și curea de transmisie. Roțile dințate sunt dispuse la capete brațelor lungi. Cea ce la baza brațului primește mișcare de rotație de la un servomotor. Mișcarea de rotație va fi transmisă la cealaltă roată prin intermediul unei curele dințate. Cele două brațe scurte, sunt asamblate cu roțile dințate ce primesc mișcarea de rotație. În momentul în care roțile conduse primesc mișcarea de rotație, se realizează deplasarea brațelor secundare (scurte).

În urma matricei de evaluare a conceptelor rezultă că va fi dezvoltat conceptul C10.

4. Proiectarea detaliată

Au fost identificate următoarele probleme ce trebuie rezolvate în cadrul proiectării produsului:

- dimensionarea componentelor din punct de vedere dinamic;
- calculul cuplului necesar al motorului electric;
- alegerea materialelor care să permită izolarea electrică a firului, față de restul ansamblului;
- alegerea de materiale izolante termic;
- determinarea intensității necesare a curentului pentru a atinge temperatura optimă de prelucrare;
- determinarea forței necesare pentru întinderea firului;

Dimensionarea dispozitivului

Se realizează modelul 3D al unui dispozitiv. Construcția dispozitivului actual a fost realizată după cerințele pieței, fiind nevoie ca acesta să poată realiza o gamă largă de piese atât ca dimensiuni cât și complexitate.

Un prim model al DTFI (dispozitiv de tăiere cu fir încins) este prezentat în figura 4.1.

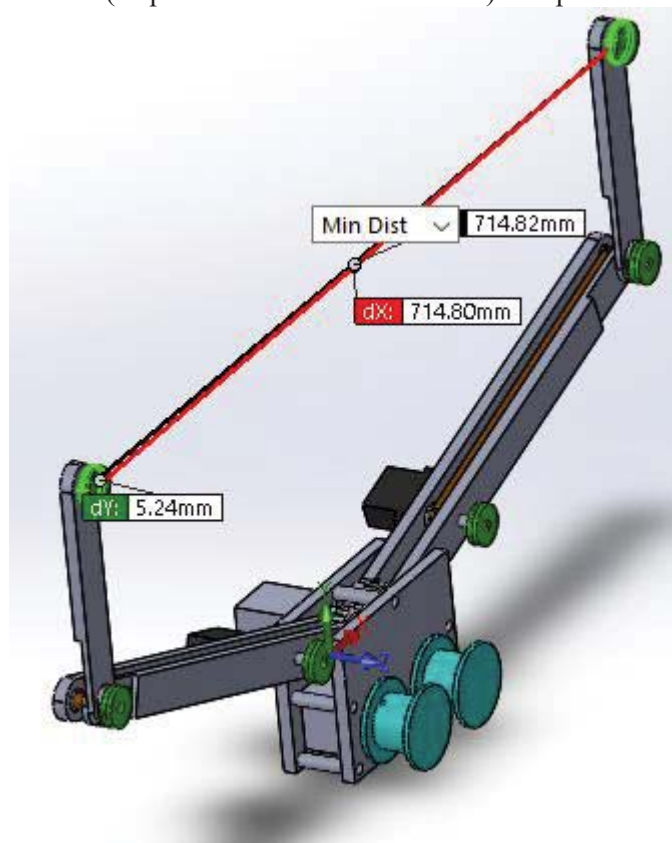


Fig. 4.1. Prototip 3D al DTFI

Calculul cuplului necesar al motorului

Diagrama de echilibru de forțe și momente a dispozitivului este prezentată în figura 4.2. După modelarea DTFI, urmează alegerea motoarelor. Pentru aceasta este nevoie a se calcula cuplul necesar.

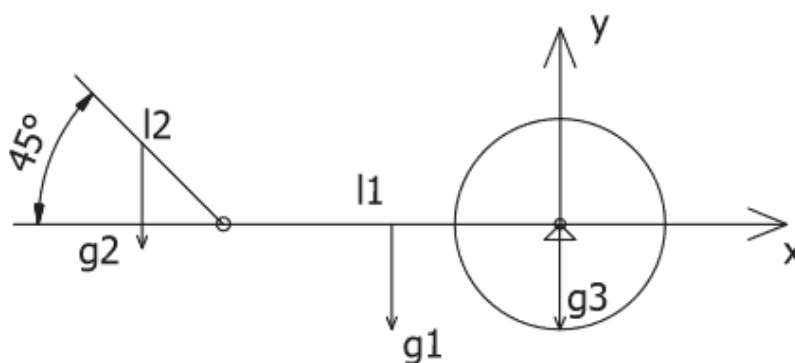


Fig. 4.2. Diagrama de echilibru de forțe și momente a dispozitivului

Momentul necesar va fi egal cu suma momentelor dezvoltate de fiecare component în parte. Există mai multe variante de calcul al momentului rezultat, ori se calculează fiecare moment și se adună acestea, ori se calculează centrul forțelor paralele și se calculează momentul. Centrul forțelor ce acționează, este același cu centrul de greutate al brațelor și se calculează cu ajutorul formulelor:

$$X_c = \frac{\sum x_i * l_i}{\sum l_i} \quad [2] \quad (1)$$

$$X_c = \frac{\sum F_i * x_i}{\sum F_i} \quad [2] \quad (2)$$

Se va folosi formula (1), pentru calcularea centrului de greutate de unde acționează forța rezultantă. Se calculează suma forțelor pe axa X:

$$\sum F_x = g_2 * \cos(45) + 2 * g_1 + g_3$$

$$\sum F_x = 0,13 * 0,7 + 2 * 0,6 + 0,07 = 1,361 \text{ Kg} = 13,61 \text{ N}$$

Pentru calcularea maselor s-a folosit programul SolidWorks, utilizând densitățile aferente pentru materialele componente.

Se calculează

$$\sum l_i = 400 + 200 = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

$$\sum x_i * l_i = 200 * 400 + [(\cos(45) * 200 + 400) * 200] = 174000.$$

Înlocuind în formula (1) rezultă: $\frac{174000}{600} = 290 \text{ mm} = 0,29 \text{ m}$.

Momentul necesar este: $13,61 \text{ N} * 0,29 \text{ m} = 3,94 \text{ Nm}$. Ținând cont că dispozitivul are două brațe, aceste momente se dublează. Deci cuplul necesar ce trebuie dezvoltat este de $7,88 \text{ Nm}$, pentru siguranță se rotunjește la 8 Nm .

În continuare se va realiza calculul dinamic al forțelor dispozitivului. Acest calcul ține cont de accelerațiile componentelor și de momentele de inerție ale acestora. În urma calculului dinamic, cuplul necesar va crește

Fiindu-ne necesar un motor ce are cuplul mai mare de 8 Nm , necesar angrenării roților dințate, am realizat un scurt studiu de piață, iar în urma acestuia am clasificat trei variante.

Prima ar fi să achiziționăm cu motor cu cuplul de peste 8 Nm .

A doua soluție ar fi să achiziționăm un motor cu cuplul mic, dar să amplificăm cuplul cu ajutorul unui reductor. Există reductoare planetare, care amplifică cuplul până la 42 de ori (fig. 4.3).

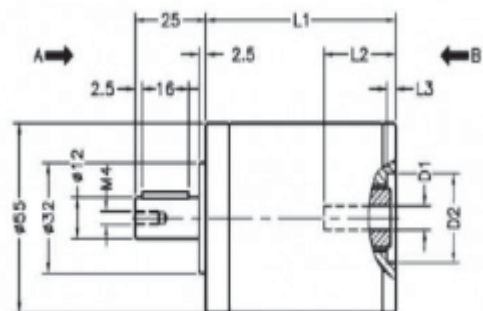


Fig. 4.3. Reductor planetar [3]

Cu acest reductor planetar, cuplul motorului al unuia dintre cele mai accesibile motoare, de 0,43Nm devine 18 Nm.

O altă soluție mai poate fi mărirea diametrelor roților ce angrenează și de a adăuga o altă roată mai mică, la care va fi conectat motorul, astfel se va putea amplifica cuplul.

Se va alege o soluție în urma unui studiu tehnico-economic.

Calculul intensității de curent

Din literatura de specialitate s-a constatat că temperatura de lucru a firului este de 250⁰ C[4]. Metoda prin care vom încălzi firul este de a introduce curent electric în acesta.

Temperatura crește în funcție de rezistența materialul.

Formula rezistenței este următoarea:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad [5] \quad (3)$$

Se observă că lungimea și aria secțiunii transversale a firului influențează direct rezistența firului.

Aria secțiunii nu se modifică în timpul prelucrării, dar lungimea firului este variabilă. Conform formulei, rezistența firului va scădea funcție de lungimea firului, astfel va diferi și temperatura de lucru, făcând procesul de prelucrare instabil. Pentru a stabili procesul, în fir trebuie variată și cantitatea de curent ce este introdusă.

Pentru a calcula intensitatea curentului necesar se pornește de la formulele:

$$R = \frac{U}{I} \quad [5] \quad (4)$$

$$\rho = \rho_0 (1 - \alpha \Delta T) \quad [6] \quad (5)$$

Modelul matematic pentru intensitate devine:

$$I = \frac{U * A}{\rho_0 [(1 - \alpha(T - T_0))]l} \quad (6)$$

Se observă că singurul element ce va fi variabil este lungimea, astfel intensitatea se va modifica după caz menținând o temperatură de prelucrare constantă.

Determinarea parametrilor regimului de prelucrare

Parametrii regimului de prelucrare sunt temperatura de lucru a firului și viteza de avans.

Pentru a-i corela, s-a achiziționat un dispozitiv de tăiere manual și polistiren EPS80.

Pentru a cunoaște viteza de avans, dispozitivul se montează pe un router CNC (figura 4.4).

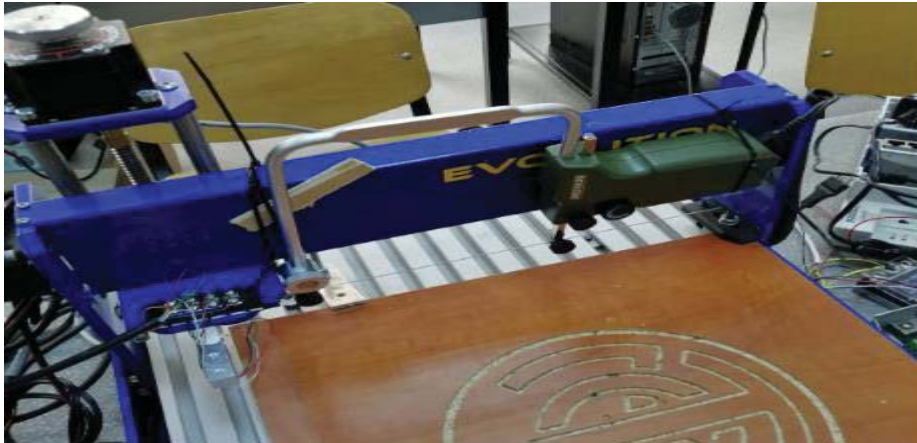


Fig. 4.4. Mașină de tăiat manual montată pe router CNC

5. Concluzii

În viitorul apropiat ne propunem să realizăm calculul dinamic al echipamentului, pentru a determina cuplul necesar acționării acestuia.

Se va determina un interval de forțe necesar pentru întinderea firului și deplasarea acestuia de la o bobină la alta.

Unul dintre cele mai importante task-uri pe care le avem este acela de a corela mișcarea firului de pe rola derolatoare pe rola rulantă, asta în timp ce distanța dintre brațe poate varia în funcție de geometria modelului de prelucrat.

Ne mai propunem să stabilim parametrii regimului de prelucrare în mod experimental (temperatura de lucru a firului, viteza de avans).

6. Bibliografie

- [1]**, Polistiren, <https://ro.wikipedia.org/wiki/Polistiren> (accesat la 26.10.2019);
- [2] Alexandru Darabont, Dab Văiteanu, Marius Munteanu, *Mecanică Tehnică*, Scrisul Românesc, 1983;
- [3]**, Reductor planetar, <https://www.dioda.ro/reductoare/179-reductor-planetar-cu-flansa-de-prindere-nema-23.html> (accesat la 1.05.2020);
- [4]**, Temperatura de lucru, <https://www.heatersplus.com/nichrome.html> (accesat la 12.04.2020);
- [5]**, Rezistivitate electrică, https://ro.wikipedia.org/wiki/Rezistivitate_electric%C4%83 (accesat la 12.04.2020);
- [6]**, Coeficientul de temperatură, https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_coefficient (accesat la 12.04.2020).